



IPW

Docket No.: GR98P8510 D

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By: Wm Steiner Date: May 11, 2004

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No.	: 10/614,569	Confirmation No: 7487
Applicant	: Werner Hartel, et al.	
Filed	: July 7, 2003	
Art Unit	: 3641	
Examiner	: Jack W. Keith	
Title	: Method for Providing a Pressurized Fluid	
Docket No.	: GR98P8510 D	
Customer No.	: 24131	

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents,
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application No. 198 46 459.2, filed October 8, 1998.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Wm Steiner
Werner H. Steiner (Reg. No. 34, 956)

Date: May 11, 2004
Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/av

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

198 46 459.2

Anmeldetag:

8. Oktober 1998

Anmelder/Inhaber:

Framatome ANP GmbH, 91058 Erlangen/DE

Erstanmelder: Siemens Aktiengesellschaft,
80333 München/DE

Bezeichnung:

Druckspeicher und Verfahren zum Bereitstellen ei-
nes unter Druck stehenden Fluids

IPC:

F 16 J, G 21 C

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 12. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bensch'.

Beschreibung

Druckspeicher und Verfahren zum Bereitstellen eines unter Druck stehenden Fluids

5

Die Erfindung betrifft einen Druckspeicher für ein Fluid, mit einem geschlossenen Behälter, der sich entlang einer Mittelachse von einem unteren zu einem oberen Bereich erstreckt und der im oberen Bereich eine Heizeinrichtung aufweist, deren Heizleistung so bemessen ist, daß Fluid im oberen Bereich zur Erzeugung und Aufrechterhaltung eines einstellbaren Drucks erhitzbar ist. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Bereitstellen eines unter Druck stehenden Fluids zum Weiterleiten an eine nachgeschaltete Komponente einer Anlage, beispielsweise einer Kernkraftanlage.

15

In kerntechnischen Anlagen werden Druckspeicher beispielsweise als sicherheitstechnische Einrichtungen verwendet. Sie dienen zur Bereitstellung eines unter Druck stehenden Fluids, das beispielsweise im Störfall an eine nachgeschaltete Komponente weitergeleitet werden kann. Die nachgeschaltete Komponente ist beispielsweise der Steuerstabantrieb eines Siedewasserreaktors oder der Reaktordruckbehälter einer Kernkraftanlage.

20

25

Aus der Broschüre der Kraftwerk Union (Siemens AG) „Druckwasserreaktor“, Best. Nr. K/10567-01, August 1981 (DE), ist ein Druckspeicher für einen Druckwasserreaktor bekannt, der zur Kern-Notkühlung borhaltiges Wasser bereithält. Der Druck in dem Druckspeicher wird durch ein Stickstoffpolster bereitgestellt. Hierzu ist ein spezielles Stickstoff-Versorgungssystem erforderlich. Aufgabe des Druckspeichers ist es, eine bestimmte Menge eines Fluids jederzeit und über Jahre hinweg bereitzuhalten. Er ist ein passives Sicherheitsbauteil, das nur bei Bedarf aktiviert wird.

30

35

Nachteilig ist hierbei zum einen, daß das Stickstoffpolster ein großes Volumen, nämlich bis zu drei Viertel des Gesamtvolumens des Druckspeichers, beansprucht. Zum anderen kann sich der Stickstoff im Lauf der Zeit (in der Regel mehrere Jahre) teilweise im Wasser lösen. Im Störfall wird z.B. zur Notkühlung Wasser aus dem Druckspeicher zusammen mit dem darin gelösten Stickstoff in den Reaktor eingespeist. Mit dem Stickstoff wird also im Bedarfsfall ein nichtkondensierbares Gas in den Reaktor eingebracht, welches u.a. das Kondensationsverhalten von Dampf und damit die Wirkung von Kondensatoren oder Notkondensatoren beeinträchtigt.

Aus der oben genannten Broschüre ist weiterhin ein Druckhalter für einen Druckwasserreaktor bekannt, mit dem der Betriebsdruck des Kühlmittels im Reaktorkühlsystem auf einen gewünschten Wert eingestellt und gehalten wird. Er gleicht Temperatur- und Volumenänderungen des Kühlmittels aus, und ist daher ständig über eine Ausgleichsleitung mit dem Reaktorkühlsystem verbunden. Zur Regulierung des Betriebsdrucks weist er sowohl eine Heizeinrichtung als auch eine Kühleinrichtung auf. Die Heizeinrichtung ist im unteren Bereich des Druckhalters angeordnet und erwärmt das gesamte im Druckhalter befindliche Wasser.

Zur Vermeidung der mit dem Stickstoffpolster verbundenen Nachteile ist aus dem Artikel „Development of an advanced boron injection tank“ von Kaori Yamaguchi et al., aus „Transactions of the American Nuclear Society“, 1996, Band 74, Seiten 258 bis 259, ein als Bor-Einspeisetank ausgebildeter Druckspeicher bekannt. Dieser ist vollständig mit einer Borlösung gefüllt und weist in seinem oberen Bereich eine Heizeinrichtung zur Erwärmung der dort befindlichen Borlösung auf. Dabei wird im Druckspeicher ein Druck aufgebaut. Die Borlösung aus dem Druckspeicher wird bei Bedarf in ein Reaktorkühlsystem eingespeist. Dabei kommt es im Druckspeicher zunächst zu einer Druckabsenkung, die zu einem Verdampfen der

im oberen Bereich befindlichen heißen Borlösung führt. Der Druck baut sich daher beim Ausströmen nur langsam ab.

Aufgrund der großen Temperaturunterschiede zwischen dem kalten Fluid im unteren Bereich und dem heißen Fluid im oberen Bereich kann es beim Ausströmen zu großen thermischen Belastungen des Druckspeichers kommen. In der Regel ist zudem ein aufwendiges Schließsystem vorgesehen, das ein vollständiges Entleeren des Druckspeichers verhindert. Damit wird gewährleistet, daß das heiße Fluid aus dem Druckspeicher nicht in die am Druckspeicher angeschlossene Rohrleitung gelangt. Das Schließsystem ist sehr aufwendig ausgestaltet, da es in kürzester Zeit die Rohrleitung absperren muß, und da es aufgrund der möglichen Druckunterschiede eine sehr hohe Schließkraft bereitstellen muß.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Druckspeicher sowie ein Verfahren zum Bereitstellen eines unter Druck stehenden Fluids anzugeben, bei denen eine hohe Betriebssicherheit gewährleistet ist, und die aufgeführten Nachteile der bekannten Druckspeicher behoben sind.

Die auf den Druckspeicher gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Druckspeicher der eingangs genannten Art gelöst, bei dem im unteren Bereich an seiner Außenwand, insbesondere an deren Innenseite, zumindest teilweise eine Isoliereinrichtung vorgesehen ist.

Bei dem Druckspeicher wird der erforderliche Betriebsdruck nur durch die Erhitzung des Fluids im oberen Bereich erzeugt. Das Fluid ist insbesondere Wasser oder borhaltiges Wasser. Ein Stickstoffpolster ist nicht notwendig. Das Fluid im unteren Bereich bleibt kalt und wird im Bedarfsfall zur Ansteuerung einer nachgeschalteten Armatur herangezogen. Dabei gelangt das sogenannte Heißfluid aus dem oberen Bereich in den unteren Bereich. Das im unteren Bereich befindliche so ge-

nannte Kaltfluid strömt aus dem Druckspeicher in eine an diesem angeschlossene Rohrleitung.

5 Der entscheidende Vorteil des Druckspeichers liegt in der Isoliereinrichtung, die den direkten Kontakt zwischen dem Heißfluid und der kalten Außenwand vermeidet und somit deren thermische Beanspruchung gering hält.

10 Bevorzugt wird der Druckspeicher nicht vollständig mit Fluid befüllt, und ein Teil des Fluids wird durch die Heizeinrichtung verdampft, so daß sich ein Dampfpolster im oberen Bereich ausbildet, und der Druck durch das Dampfpolster gehalten wird. Der Vorteil des Dampfpolsters liegt darin, daß der Betriebsdruck sehr einfach auf einen gewünschten Wert, beispielsweise auf den des Sättigungsdrucks des Wasserdampfs, 15 eingestellt und auch gehalten werden kann. Da der Dampf kompressibel ist, führt eine geringe Temperaturerhöhung nicht zu einem überproportionalen Druckanstieg, wie er bei einem Druckspeicher zwangsläufig auftritt, der vollständig mit einer inkompressiblen Flüssigkeit gefüllt ist. 20

Ein weiterer Vorteil ist das geringe Volumen, das das Dampfpolster beansprucht. Es beträgt lediglich etwa ein Zehntel des Gesamtvolumens. Dadurch kann der Druckspeicher sehr kompakt und kostengünstig ausgeführt werden. 25

Durch die vorteilhafte Anordnung der Heizeinrichtung im oberen Bereich wird nur ein Teil des Fluids erhitzt. Es bildet sich innerhalb des Fluids eine stationäre Temperaturverteilung aus. Die erforderliche Heizleistung ist daher gering und 30 wird im wesentlichen nur für den Aufbau des erforderlichen Drucks verwendet.

Zudem gelangt beim Ausströmen zunächst nur Kaltfluid in die Rohrleitung, so daß diese vor thermischen Belastungen geschützt ist. Falls Heißfluid mit einer Temperatur nahe der Siedetemperatur in die Rohrleitung einströmt, würde diese 35

eine schockartige thermische Beanspruchung erfahren. Ein Teil des Heißfluids würde beim Einströmen in die Rohrleitung verdampfen, so daß sich eine Zwei-Phasen Strömung ausbildet. Eine solche Zwei-Phasen Strömung ist jedoch strömungstechnisch schwerer zu handhaben als eine einfache Flüssigkeitsströmung.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Isoliereinrichtung zur Aufnahme eines Isoliermediums mit einem hohen Wärme-Speichervermögen ausgebildet, so daß das Heißfluid und der Dampf, wenn sie im unteren Bereich mit der Isoliereinrichtung in Kontakt kommen, einen Teil ihrer Wärme an das Isoliermedium abgeben.

Bei einer ausreichend großen Dimensionierung des Wärme-Speichervermögens ist damit der entscheidende Vorteil verbunden, daß auf das sehr aufwendige Schließsystem für die Rohrleitung verzichtet werden kann. Das Isoliermedium ist in der Lage, ausreichend Wärme aus dem Dampf aufzunehmen, so daß dieser kondensiert und der Druck im Druckspeicher automatisch abgebaut wird. Der Druck wird dabei im Druckspeicher bevorzugt soweit reduziert, daß er sich an den in der nachgeschalteten Komponente herrschenden Druck angleicht. Aufgrund eines fehlenden Druckunterschieds ist dann das Ausströmen von Heißfluid in die Rohrleitung und in die nachgeschaltete Komponente weitgehend ausgeschlossen. Zum Zwecke von Revisionsarbeiten kann eine Absperrung notwendig sein, die jedoch als einfacher Absperrschieber ausgebildet sein kann.

In einer besonders zweckmäßigen Ausgestaltung weist die Isoliereinrichtung eine Trennwand auf, durch die ein Außenraum zwischen der Außenwand des Behälters und der Trennwand gebildet ist. In den Außenraum kann das Isoliermedium eingebracht werden. Insbesondere ist das Isoliermedium das Fluid, mit dem der Druckspeicher befüllt wird. Es gelangt beim Befüllen bevorzugt automatisch in den Außenraum.

Zum automatischen Befüllen des Außenraums mit Fluid weist dieser bevorzugt an seinem oberen Ende eine Öffnung auf, über die er mit dem restlichen Innenraum in Verbindung steht, und bildet ansonsten einen abgeschlossenen Raum.

5

Anstatt des Fluids kann in den Außenraum auch ein anderes geeignetes Isoliermedium, beispielsweise eine gesonderte Flüssigkeit oder ein Feststoff mit einer besonders hohen Wärmespeicherkapazität, eingebracht werden. Der Außenraum bildet gegebenenfalls einen vollständig geschlossenen Raum. Das Isoliermedium kann auch unmittelbar als Isoliereinrichtung an der Außenwand des Behälters befestigt sein.

15

Um eine ausreichende Druckabsenkung und damit ein Ausströmen von Heißfluid zu vermeiden, beträgt das Volumen des Außenraums etwa 15 bis 25%, und insbesondere etwa 18%, des Gesamtvolumens des Behälters. Das Volumen des oberen Bereichs weist bevorzugt etwa 10 bis 30%, und insbesondere 18%, des Gesamtvolumens auf. Dies ist zu Erzeugung und Aufrechterhaltung des notwendigen Drucks ausreichend. Gleichzeitig wird mit diesem Volumenanteil sichergestellt, daß beim Ausströmen der Druck im Druckspeicher zunächst nur leicht abfällt, um eine ausreichende Menge an Fluid der nachgeschalteten Komponente zuführen zu können. Erst wenn die für die Komponente vorgesehene Fluidmenge den Druckspeicher verlassen hat, wird der Druck durch die Kondensation des Dampfes abgebaut.

25

Zur Ausbildung der Temperaturverteilung ist es von Vorteil, die Heizeinrichtung im wesentlichen in einer Ebene anzuordnen, die senkrecht zur Mittelachse ausgerichtet ist, wodurch eine gleichmäßige und großflächige Aufheizung im oberen Bereich erzielt ist. Die Heizeinrichtung ist bevorzugt elektrisch beheizbar.

30

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Druckspeicher für einen Betriebsdruck über 50 bar, und insbesondere für ei-

35

nen Betriebsdruck von 150 bar, ausgelegt. Dies ist für den Einsatz bei Anlagen der Energieerzeugung günstig.

5 Um die erforderliche Heizenergie möglichst gering zu halten, ist der Druckspeicher zumindest im oberen Bereich nach außen thermisch isoliert. Auf diese Weise sind die thermischen Verluste gering.

10 Die auf das Verfahren bezogene Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, indem

- a) ein Fluid in einem Druckspeicher durch Wärmezufuhr teilweise erhitzt und verdampft wird,
- b) ein Heißfluid und ein Dampfpolster erzeugt wird,
- c) in dem Druckspeicher Druck bis zu einem vorgebbaren Druckwert aufgebaut wird,
- 15 d) der Druck durch geeignete Wärmezufuhr aufrechterhalten wird, und
- e) das unter Druck stehende Fluid im Bedarfsfall an die nachgeschalteten Komponenten weitergeleitet wird.

20

Ein solcher Bedarfsfall ist beispielsweise ein Kühlmittelverlust-Störfall in einer kerntechnischen Anlage, bei dem das Fluid aus dem Druckspeicher zu Kühlzwecken in den Reaktordruckbehälter eingeleitet wird. Das Fluid kann aber auch als

25 Antriebsfluid zum Einschießen von Steuerstäben in den Reaktordruckbehälter eines Siedewasserreaktors vorgesehen sein. Wie bereits erwähnt, ist bei Vorhandensein eines Dampfpolsters die Einstellung und Aufrechterhaltung des gewünschten Druckwerts im Vergleich zu einem vollständig mit Flüssigkeit

30 gefüllten Druckspeicher wesentlich einfacher.

Um zu gewährleisten, daß die nachgeschaltete Komponente mit einer ausreichenden Menge an Fluid versorgt wird, und daß der Druck im Druckspeicher nicht vorzeitig absinkt, entspricht

35 die Menge an Heißfluid bevorzugt in etwa der von der nachgeschalteten Komponente benötigten Fluidmenge. Dies führt dazu, daß durch das Ansteuern der Komponente das Fluidvolumen im

Druckspeicher zunächst lediglich um die Menge des Heißfluidvolumens reduziert wird. Dadurch wird sichergestellt, daß der im oberen Bereich befindliche Dampf anfangs nur mit der von dem Heißfluid erwärmten Außenwand in Kontakt kommt und nicht kondensiert.

Bevorzugt wird dem Fluid ein nichtkondensierbares Gas zugemischt. Dadurch wird die Temperaturbelastung für die Rohrleitung reduziert, da die nichtkondensierbaren Gase sich an den kalten Wänden anreichern und dort den Wärmeübergang zwischen dem heißen Fluid und der Rohrwand wesentlich verlangsamen. Sie bilden quasi eine Isolierschicht. Die nichtkondensierbaren Gase sollten jedoch nur zu einem geringen Anteil dem Fluid beigemischt werden, so daß der Partialdruck der nichtkondensierbaren Gase im Druckspeicher in etwa 2 bar nicht übersteigt. Bei einem zu hohen Anteil von nichtkondensierbaren Gasen würde die Wirkungsweise von Kondensatoren bzw. Notkondensatoren beeinträchtigt werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind den Ansprüchen zu entnehmen. Die bezüglich des Druckspeichers angegebenen Vorteile gelten sinngemäß auch für das Verfahren.

Bevorzugt werden die Steuerstäbe eines Reaktors einer Siedewasser-Kernkraftanlage mittels des unter Druck stehenden Fluids aus dem Druckspeicher angesteuert. Der Druckspeicher wird also bevorzugt als sogenannter Schnellabschalttank einer Siedewasser-Kernkraftanlage verwendet.

Alternativ wird das Fluid in einer zweckdienlichen Weise einem Notkühlssystem einer Druckwasser-Kernkraftanlage als Notkühlwasser zugeführt. Der Druckspeicher wird demnach bevorzugt als sogenannter Akkumulator für das Notkühlwasser bei einer Druckwasser-Kernkraftanlage verwendet.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung sowie weitere Vorteile und Details anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen jeweils in schematischer Darstellung:

5 FIG 1-3 einen Druckspeicher im Längsschnitt in verschiedenen Betriebszuständen

10 FIG 4 einen Ausschnitt aus einer Siedewasser-Kernkraftanlage, mit einem Druckspeicher als Schnellabschalt-tank und

15 FIG 5 einen Ausschnitt aus einer Druckwasser-Kernkraftanlage, mit einem Druckspeicher als Akkumulator für Notkühlwasser.

15

Gemäß Figur 1 umfaßt ein Druckspeicher 1 einen geschlossenen und aufrechtstehenden Behälter 2 mit einem oberen Bereich 3 und einem unteren Bereich 4, der etwa $2/3$ des Behältervolumens umfaßt. Der Behälter 2 ist mit einem Fluid f bis zu einer Füllstandshöhe h befüllt. Das Fluid f ist beispielsweise Wasser oder auch borhaltiges Wasser. Der Behälter 2 besitzt an seinem unteren Ende einen Auslaß 5. Dieser kann bei Bedarf, beispielsweise vor Inbetriebnahme oder nach einer Abgabe des Fluids f aus dem Druckspeicher 1, auch als Befüllöffnung verwendet werden, über die das Fluid f in den Druckspeicher 1 eingebracht wird. Im normalen Betriebszustand des Druckspeichers 1 ist der Auslaß 5 durch ein nicht näher dargestelltes Ventil verschlossen

25

30 Oberhalb der Füllstandshöhe h ist zur Aufnahme von Dampf ein Dampfraum 6 gebildet. Er ist beim Befüllen des Behälters (2) mit kaltem Wasser beispielsweise noch mit Luft oder Stickstoff bei Atmosphärendruck gefüllt und wird zumindest nach Beendigung des Füllvorgangs zur Umgebung hin durch Schließen eines Ventils 7 verschlossen. Dadurch wird erreicht, daß der Partialdruck von nichtkondensierbaren Gasen, wie Stickstoff, im Betriebszustand 2 bar nicht überschreitet. Das Fluid f

35

nimmt bevorzugt einen Großteil des Behältervolumens ein, wohingegen der Dampfraum 6 lediglich ein geringes Volumen, beispielsweise etwa ein Zehntel des Gesamtvolumens des Behälters 2, beansprucht.

5

Der Dampfraum 6 steht über das Ventil 7 mit der Umgebung in Verbindung, so daß Dampf abgeblasen und der Druck im Druckspeicher 1 verringert werden kann. Üblicherweise werden Druckspeicher in einer Kernkraftanlage beim Anfahren der

10

Kernkraftanlage auf einen maximalen Druck eingestellt, der nicht zwangsläufig dem normalen Betriebsdruck entspricht. Der Druck im Druckspeicher 1 kann während des Anfahrens der Kernkraftanlage leicht durch Wahl einer geeigneten Heizleistung einer Heizeinrichtung 8 bzw. durch Abblasen des Dampfes ver-

15

ändert werden.

Die Heizeinrichtung 8 ist im oberen Bereich 3 vorgesehen. Sie kann prinzipiell innerhalb oder außerhalb des Druckspeichers angeordnet sein. Bei der außerhalb angeordneten Heizeinrichtung 20 wird dem Fluid f beispielsweise durch elektromagnetische Strahlung oder durch Strahlungswärme Energie zugeführt. Bei einer außerhalb angeordneten Heizeinrichtung brauchen keine Versorgungsleitungen in den Druckspeicher zu führen. Bevorzugt ist die Heizeinrichtung 8 derart ausgestaltet, daß kein Stoffaustausch mit dem Fluid f stattfindet und die Menge des Fluids f in dem Druckspeicher 1 konstant bleibt.

25

30

Im Ausführungsbeispiel der Figur 1 ist die Heizeinrichtung 8 im Inneren des Behälters 2 und insbesondere in einer Ebene angeordnet, die sich senkrecht zur Mittelachse 9 erstreckt. Die Heizeinrichtung 8 ist also waagrecht und im wesentlichen parallel zur Oberfläche des Fluids f angeordnet und wird beispielsweise aus elektrisch beheizbaren Heizstäben gebildet. Sie ist bevorzugt derart ausgebildet, daß sie nur nach oben 35 Wärme abgibt. Alternativ kann die Heizeinrichtung 8 auch von einem Wärmetauscher gebildet sein, der beispielsweise von heißem Dampf durchströmbare Heizrohre umfaßt.

Der Behälter 2 ist an seinem oberen Bereich 3, in dem die Heizeinrichtung 8 sowie der Dampfraum 6 angeordnet sind, nach außen durch einen Isoliermantel 10 thermisch isoliert. Der Isoliermantel 10 ist nicht zwingend auf den oberen Bereich 3
5 beschränkt.

Im unteren Bereich 4 ist an der Innenseite 11 der Außenwand des Behälters 2 eine Isoliereinrichtung 12 vorgesehen. Sie ist im wesentlichen durch eine Trennwand 16 gebildet, die von
10 der Außenwand des Behälters 2 beabstandet ist und mit dieser einen Außenraum 14 bildet. Die Trennwand 16 ist an ihrem unteren Ende mit der Wand des Behälters 2 verbunden, so daß der Außenraum 14 nach unten verschlossen ist. An seinem oberen
15 Ende ist der Außenraum 14 offen und steht über eine Öffnung 17 mit dem Fluid f strömungstechnisch in Verbindung, so daß der Außenraum 14 beim Betrieb des Druckspeichers 1 mit Fluid f angefüllt ist, welches als Isoliermedium m wirkt. Die Trennwand 16 kann als eine ringförmige und nach oben hin offene Schürze aufgefaßt werden. Mit der Isoliereinrichtung 12
20 wird die Innenseite 11 vor thermischen Belastungen geschützt. Die Isoliereinrichtung 12 kann prinzipiell auch für den gesamten Behälter 2 vorgesehen sein.

Der Druck im Druckspeicher 1 wird aufgebaut, indem die Heizeinrichtung 8 das Fluid f im oberen Bereich 3 erhitzt und teilweise verdampft. Im oberen Bereich 3 liegt das Fluid f als Heißfluid hf vor, und im Dampfraum 6 bildet sich ein Dampfpolster p aus. Im unteren Bereich 4 liegt das Fluid f als Kaltfluid kf vor, wobei der Übergang zum Heißfluid hf
30 fließend ist. In Richtung der Mittelachse 9 nimmt die Temperatur nach unten ab, und es bildet sich ein stationäres Temperaturprofil aus.

Der gewünschte Betriebsdruck im Druckspeicher 1 wird bevorzugt als Sättigungsdruck des Heißfluids hf eingestellt. Das Heißfluid hf ist insbesondere Sattwasser. Der Sättigungsdruck wird über die Zufuhr von Wärmeenergie durch die Heizeinrich-

tung 8 reguliert. Ist der Betriebsdruck erreicht, so müssen lediglich die Wärmeverluste, beispielsweise durch Strahlungswärme, durch eine geeignete Wärmezufuhr ausgeglichen werden. Die Wärmeverluste werden durch den Isoliermantel 10 gering gehalten. Zur Einstellung des Drucks können nicht näher gezeigte Meß- und Steuereinrichtungen vorgesehen sein.

Figur 1 zeigt den normalen Betriebszustand des Druckspeichers 1, bei dem das Fluid auf einem gewünschten Betriebsdruck, beispielsweise 130 bar, gehalten wird.

Die Figuren 2 und 3 zeigen Betriebszustände, wenn im Bedarfsfall Fluid f, insbesondere Kaltfluid k_f , bereits aus dem Druckspeicher 1 ausgeströmt ist und zu einer nachgeschalteten Komponente weitergeleitet wurde. Die nachgeschaltete Komponente ist beispielsweise ein Steuerstabantrieb 27 eines Siedewasserreaktors (vergl. hierzu Figur 4).

Die Gesamtmenge des Fluids f ist so bemessen, daß nur ein Teil davon für die nachgeschaltete Komponente benötigt wird, um ein Leerlaufen des Druckspeichers 1 zu verhindern. Durch das Ausströmen des Fluids f reduziert sich der Druck im Druckspeicher 1, so daß zusätzliches Heißfluid h_f verdampft wird. Dieser Effekt verhindert eine allzu rasche Druckabsenkung.

Zudem entspricht das benötigte Volumen, beispielsweise zum Einfahren der Steuerstäbe 26, bevorzugt in etwa dem Volumen des Heißfluids h_f . Nach Einfahren der Steuerstäbe 26, wenn also für den Steuerstabantrieb 27 kein weiteres Fluid f mehr benötigt wird, hat sich die Füllstandshöhe h lediglich bis zum oberen Ende der Isoliereinrichtung 12 abgesenkt. Das Dampfpolster p kommt also nur in Kontakt mit dem Bereich der Außenwand, die zuvor von dem Heißfluid h_f erhitzt wurde. Dadurch wird vermieden, daß der Dampf an kalten Wänden kondensiert und es zu einer unerwünschten vorzeitigen Druckabsenkung kommt. Der Druck reduziert sich beispielsweise lediglich

von 130 bar auf 100 bar. Dies stellt einen ausreichenden Überdruck dar, um das Einschießen der Steuerstäbe sicher bis zum Ende durchführen zu können (Figur 2).

5 Nach dem Einschießen der Steuerstäbe 26 strömt aufgrund des
zunächst weiterhin bestehenden Druckunterschieds Fluid f über
Leckageöffnungen an den Steuerstäben 26 vorbei in einen Reak-
tordruckbehälter 20a. Der Füllstand h im Druckspeicher 1
10 sinkt daher im Innenraum des Druckspeichers 1 weiter ab, wie
es in Figur 3 dargestellt ist. Der von der Trennwand 16 ge-
bildete Außenraum 14 bleibt demgegenüber mit dem Fluid f als
Isoliermedium m gefüllt. Das Dampfpolster p kommt in Kontakt
mit der von dem Isoliermedium m gekühlten Trennwand 16 und
15 kondensiert an ihr aus, so daß der Druck im Druckspeicher ab-
sinkt. Die Menge des Isoliermediums m ist so bemessen, daß
genügend Dampf auskondensiert werden kann. Damit wird eine
ausreichende Druckabsenkung erzielt, so daß ein weiteres Aus-
strömen von Fluid aus dem Druckspeicher 1 vermieden wird.
Insbesondere ist ein Ausströmen von Heißfluid hf vermieden.

20

Das Volumen des Außenraums 14 beträgt hierzu beispielsweise
etwa 20% des Gesamtvolumens des Druckbehälters 1. Gleichzei-
tig ist die Heizeinrichtung 8 derart angeordnet, und ihre
Heizleistung derart bemessen, daß das Volumen des Heiß-
25 fluids hf und das Volumen des Dampfpolsters p im normalen Be-
triebszustand zusammen etwa ebenfalls 20% des Gesamtvolumens
des Druckspeichers 1 einnehmen, wobei das Heißfluid hf dop-
pelt soviel Volumen in Anspruch nimmt wie das Dampfpolster p.
Im vorliegenden Beispiel beträgt der Druck im Betriebszustand
30 nach Figur 3 beispielsweise nur noch etwa 70 bar und ent-
spricht damit dem Druck im Reaktordruckbehälter 20a, so daß
kein weiteres Fluid f aus dem Druckspeicher 1 ausströmt. Der
Druckspeicher 1 sollte so dimensioniert sein, daß der Druck
in ihm beispielsweise auch bis auf etwa 20 bar automatisch
35 abgesenkt werden kann. Dies ist für den Fall wichtig, wenn
sich der Druck im Reaktordruckbehälter 20a beispielsweise
aufgrund eines Kühlmittelverlust-Störfalls absenkt.

Die angegebenen Volumenverhältnisse sind für das Ausführungsbeispiel der Schnellabschaltung eines Siedewasserreaktors besonders vorteilhaft. Für andere Anwendungsfälle können Volumenverhältnisse günstiger sein, die von den oben genannten abweichen.

Figur 4 zeigt einen schematischen Ausschnitt aus einer Siedewasser-Kernkraftanlage. In einem Sicherheitsbehälter 18a ist der erwähnte Reaktordruckbehälter 20a mit einem Kernbereich 22 angeordnet. Der Reaktordruckbehälter 20a ist zum Teil mit einer Kühlflüssigkeit c angefüllt. Oberhalb der Kühlflüssigkeit c befindet sich Dampf v, der über eine Dampfleitung 24 aus dem Sicherheitsbehälter 18a herausgeführt und zu einer nicht näher dargestellten Turbine geleitet wird. Abgekühlte Kühlflüssigkeit c wird dem Reaktordruckbehälter 20a über eine Leitung 25 für die Kühlflüssigkeit c wieder zugeführt. Die Leistung des Kernreaktors kann durch Einfahren bzw. Ausfahren der Steuerstäbe 26 in den Kernbereich 22 geregelt werden. Die Steuerstäbe 26 werden durch den bereits erwähnten Steuerstabantrieb 27 bewegt.

Der Steuerstabantrieb 27 ist über eine Steuerleitung 30 mit einem beispielsweise außerhalb des Sicherheitsbehälters 18a angeordneten Schnellabschalttank 32 verbunden. Der Schnellabschalttank 32 entspricht weitgehend dem zu den Figuren 1 bis 3 beschriebenen Druckspeicher 1. Es können für die Schnellabschaltung auch mehrere Schnellabschalttanks 32 vorgesehen sein.

30 Sofern aufgrund einer wesentlichen Betriebsstörung der Kernkraftanlage ein Schnellabschalten des Reaktors erforderlich ist, wird ein Ventil 34 geöffnet. Das im Schnellabschalttank 32 befindliche und unter Druck stehende Fluid f wirkt über die Steuerleitung 30 auf den Steuerstabantrieb 27 ein, 35 so daß die Steuerstäbe 26 in den Kernbereich 22 eingefahren werden. In solch einem Störfall ist es wichtig, daß über die Steuerleitung 30 möglichst wenig nichtkondensierbare Gase in

den Reaktordruckbehälter 20a gelangen. Mit zunehmendem Anteil an nichtkondensierbaren Gasen im Reaktordruckbehälter 20a wird nämlich die Kondensationsfähigkeit an dem eingespeisten, kalten Notkühlwasser vermindert.

5

Figur 5 zeigt einen schematischen Ausschnitt aus einer Druckwasser-Kernkraftanlage. In einem Sicherheitsbehälter 18b ist ein Reaktordruckbehälter 20b angeordnet. Die im Reaktordruckbehälter 20b erhitzte Kühlflüssigkeit c wird in einem Primär-
10 kreislauf 36 geführt. Sie verläßt den Reaktordruckbehälter 20b und wird einem Dampferzeuger 38 zugeführt, dort abgekühlt und anschließend über eine Kühlmittelumwälzpumpe 40 dem Reaktordruckbehälter 20b wieder zugeführt.

15 Am Primärkreislauf 36 ist eine Notkühlleitung 42 angeschlossen, die mit einem Notakkumulator 44 verbunden ist. Der Notakkumulator 44 entspricht weitgehend dem Druckspeicher 1 gemäß der Figuren 1 bis 3. Im Notakkumulator 44 befindet sich beispielsweise borhaltiges Wasser als Fluid f. Bei einem
20 Kühlmittel-Verlust-Störfall kann das unter Druck stehende Fluid f über die Notkühlleitung 42 direkt in den Primärkreislauf 36 und somit in den Reaktordruckbehälter 20b eingespeist werden.

25 Der neue Druckspeicher 1 und das zugehörige Verfahren erlauben bevorzugt in Kraftwerksbereichen, und insbesondere bei Störfällen, eine zuverlässige Versorgung eines Anlagenteils mit einem Fluid f, wobei nur ein geringer Aufwand und der Einsatz von einfachen Mitteln notwendig ist.

Patentansprüche

1. Druckspeicher (1) für ein Fluid (f), mit einem geschlossenen Behälter (2), der sich entlang einer Mittelachse (9) von einem unteren Bereich (4) zu einem oberen Bereich (3) erstreckt und der im oberen Bereich (3) eine Heizeinrichtung (8) aufweist, deren Heizleistung so bemessen ist, daß Fluid (f) im oberen Bereich (3) zur Erzeugung und Aufrechterhaltung eines einstellbaren Drucks erhitzbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß im unteren Bereich (4) an der Außenwand des Behälters (2), insbesondere an deren Innenseite (11), zumindest teilweise eine Isoliereinrichtung (12) vorgesehen ist.
2. Druckspeicher (1) nach Anspruch 1, bei dem die Isoliereinrichtung (12) zur Aufnahme eines Isoliermediums (m) ausgebildet ist, welches als Wärme-Speicher dient.
3. Druckspeicher (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Isoliereinrichtung (12) eine Trennwand (16) aufweist, die im unteren Bereich (4) des Behälters (2) angeordnet ist, und durch die ein Außenraum (14) zwischen der Außenwand und der Trennwand (16) gebildet ist.
4. Druckspeicher (1) nach Anspruch 3, bei dem der Außenraum (14) mit dem restlichen Innenraum des Behälters (2) über eine Öffnung (17) an seinem oberen Ende in Verbindung steht.
5. Druckspeicher (1) nach Anspruch 3 oder 4, bei dem das Volumen des Außenraums (14) etwa 15% - 25% und insbesondere 18% des Gesamtvolumens des Behälters (2) beträgt.
6. Druckspeicher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Volumen des oberen Bereichs (3) etwa 10% - 30% und insbesondere 18% des Gesamtvolumens des Behälters (2) beträgt.

7. Druckspeicher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Heizeinrichtung (8) im wesentlichen in einer Ebene angeordnet ist, die senkrecht zur Mittelachse (3) ausgerichtet ist.

5

8. Druckspeicher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der für einen Betriebsdruck von über 50 bar, insbesondere für einen Betriebsdruck von 150 bar, ausgelegt ist.

10

9. Druckspeicher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der zumindest im oberen Bereich (3) nach außen thermisch isoliert ist.

15

10. Verfahren zum Bereitstellen eines in einem Druckspeicher (1) unter Druck stehenden Fluids (f) zum Weiterleiten an eine nachgeschaltete Komponente (27, 20b) einer Anlage, bei dem

a) das Fluid (f) durch Wärmezufuhr teilweise erhitzt und verdampft wird,

20

b) ein Heißfluid (hf) und ein Dampfpolster (p) erzeugt wird,

c) in dem Druckspeicher (1) durch die Wärmezufuhr Druck bis zu einem vorgebbaren Druckwert aufgebaut wird,

d) der Druck durch geeignete Wärmezufuhr aufrechterhalten wird, und

25

e) das Fluid (f) im Bedarfsfall an die nachgeschaltete Komponente (27, 20b) weitergeleitet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das Fluid (f) nur im oberen Bereich (3) des Druckspeichers (1) erhitzt wird.

30

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, bei dem die Wärmezufuhr so bemessen ist, daß sich an das Dampfpolster (p) ein Heißfluidbereich und an diesen wiederum ein Kaltfluidbereich anschließt, wobei das Volumen des Heißfluidbereichs zu dem des Dampfpolsters (p) ein Verhältnis von etwa 2:1 aufweist, und die beiden Volumen etwa 10% - 30% und insbesondere 18% des Volumens des Druckspeichers (1) bilden.

35

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei dem die Menge an Heißfluid (hf) im Heißfluidbereich in etwa der von der nachgeschalteten Komponente (27, 20b) benötigten Fluidmenge entspricht.

5

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, bei dem beim Weiterleiten des Fluids (f) die Füllstandshöhe (h) im Druckspeicher (1) abgesenkt wird, und das Heißfluid (hf) und der Dampf des Dampfpolsters (p) im unteren Bereich (4) durch
10 Wärmeabgabe an eine Isoliereinrichtung (12) abgekühlt werden, wodurch der Druck im Druckspeicher (1) abgebaut wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, bei dem dem Fluid (f) ein nichtkondensierbares Gas zugemischt wird.

15

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, bei dem mit dem Fluid (f) die Steuerstäbe (26) eines Reaktors einer Siedewasser-Kernkraftanlage angesteuert werden.

20 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, bei dem das Fluid (f) einem Notkühlsystem einer Druckwasser-Kernkraftanlage als Notkühlwasser zugeführt wird.

25 18. Verwendung des Druckspeichers (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 als Schnellabschalttank (32) einer Siedewasser-Kernkraftanlage.

30 19. Verwendung des Druckspeichers (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 als Akkumulator (44) für das Notkühlwasser bei einer Druckwasser-Kernkraftanlage.

Zusammenfassung

Druckspeicher und Verfahren zum Bereitstellen eines unter Druck stehenden Fluids

5

Um bei einem Druckspeicher (1) den notwendigen Betriebsdruck eines im Druckspeicher (1) befindlichen Fluids (f) zu erzeugen, ist eine Heizeinrichtung (8) vorgesehen, die im oberen Bereich des Druckspeichers (1) angeordnet ist. Sie erzeugt

10

ein Dampfpolster (p) und einen erforderlichen Betriebsdruck. Im Bedarfsfall, wenn Fluid (f) ausströmt, wird der Druck im Druckspeicher (1) nach Unterschreiten einer bestimmten Füllstandshöhe (h) automatisch reduziert, indem der Dampf an einer kalten Isoliereinrichtung (12) mit hohem Wärme-Speicher-

15

vermögen auskondensiert. Der Druckspeicher (1) wird bevorzugt als Schnellabschalttank (32) oder als Notakkumulator (44) bei einer Kernkraftanlage verwendet.

FIG 1

• • • • •



FIG 1

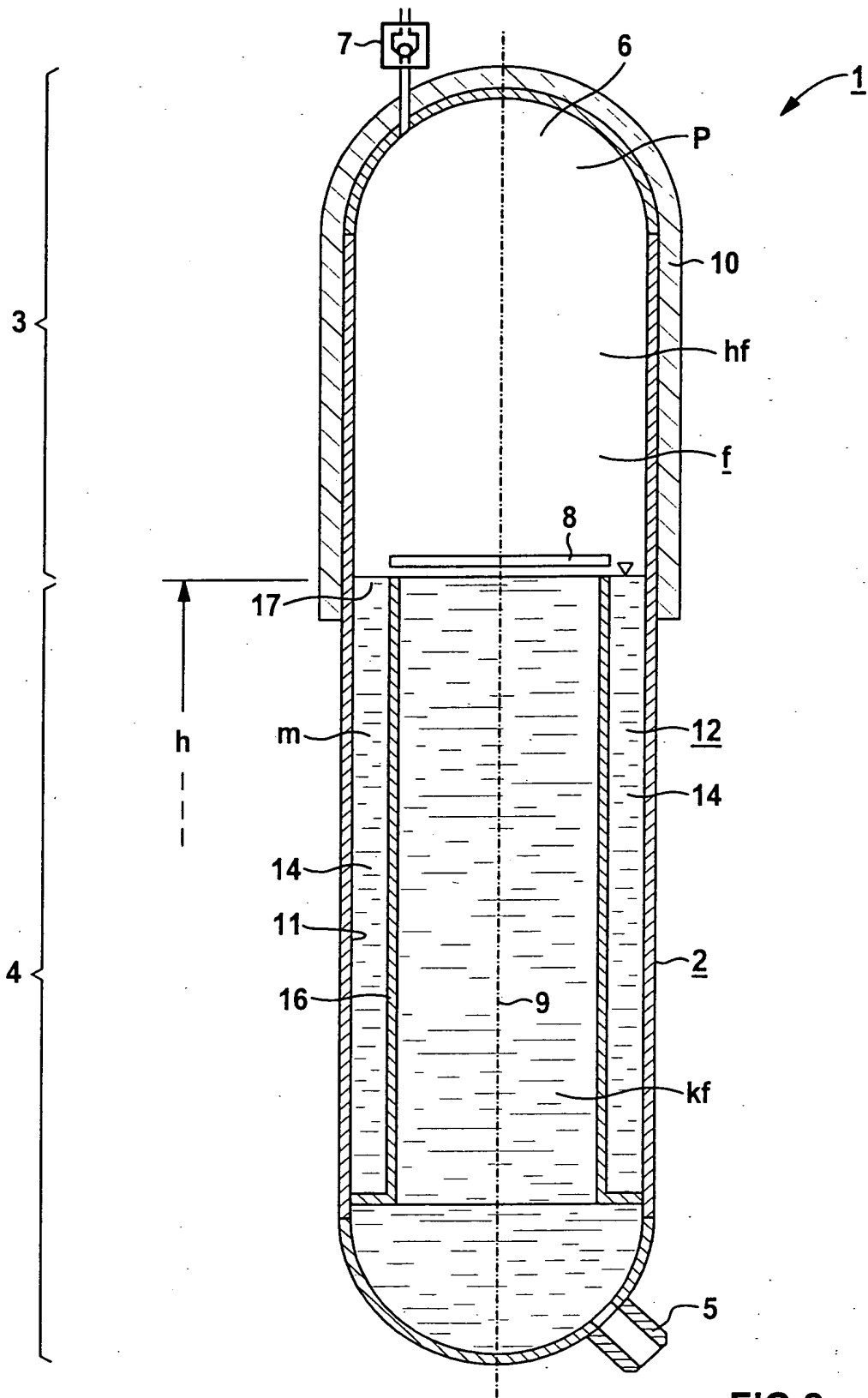


FIG 2

3/4

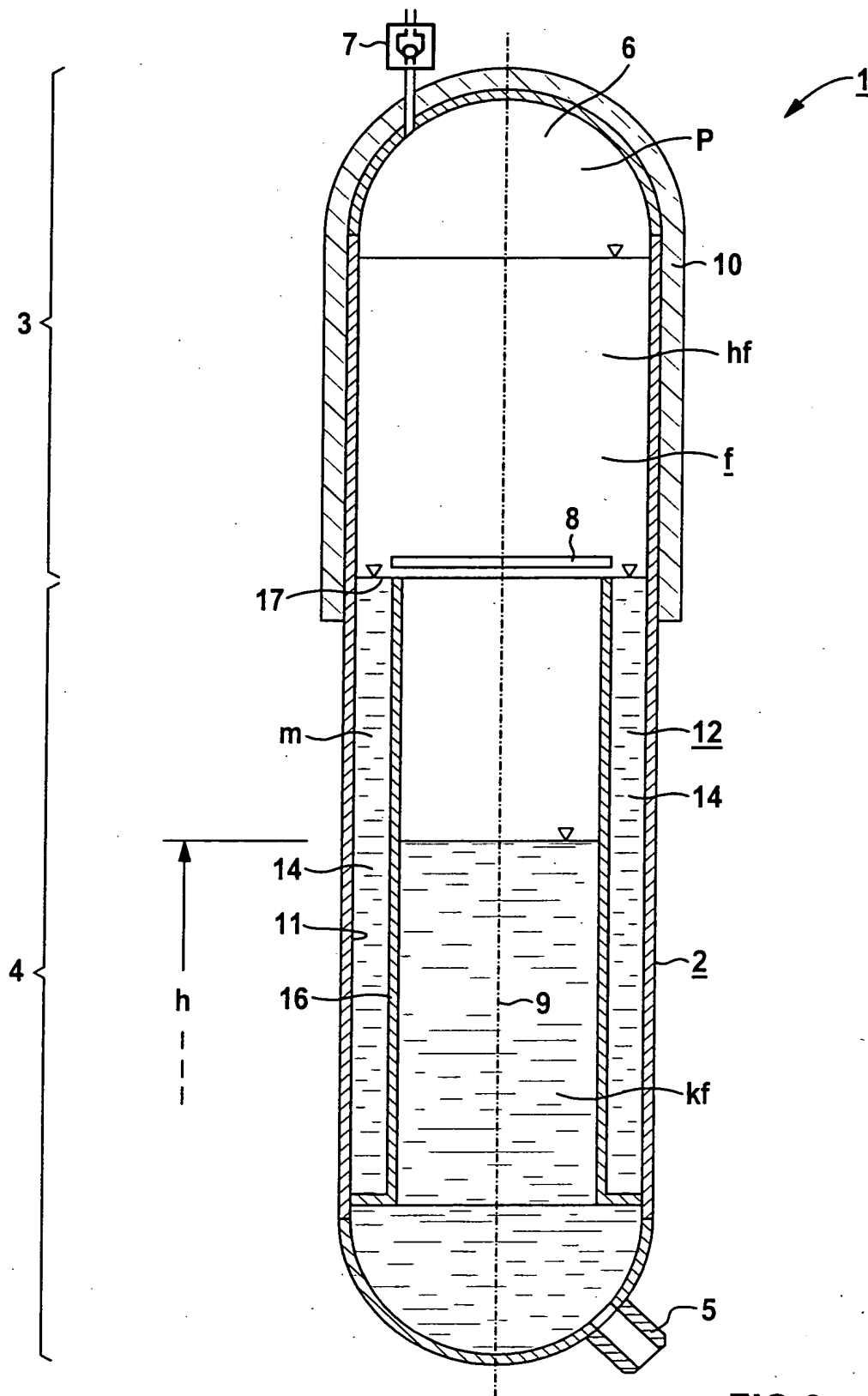


FIG 3

4/4

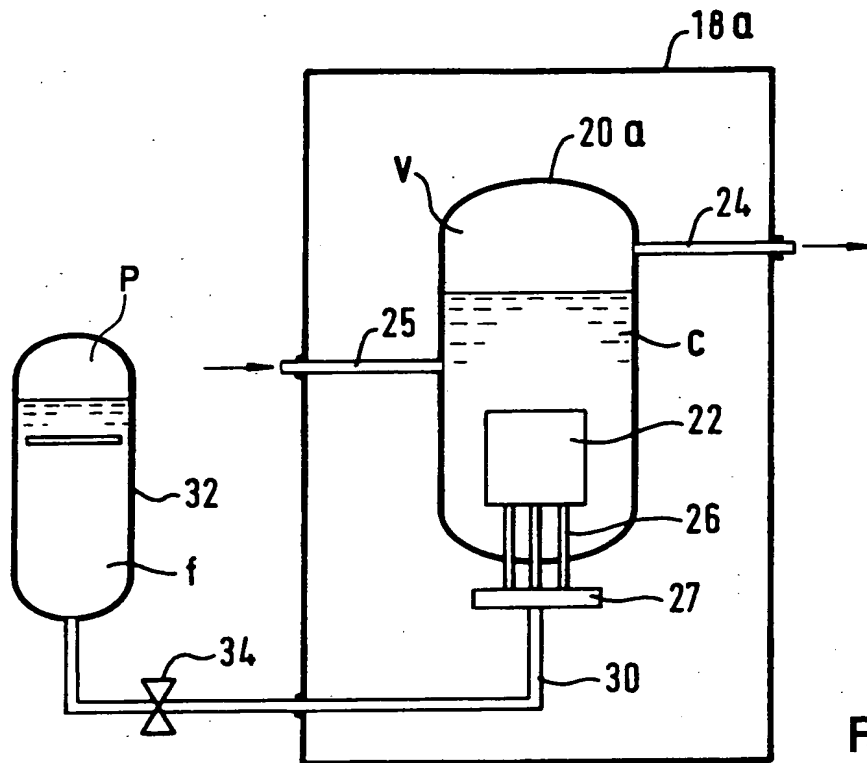


FIG 4

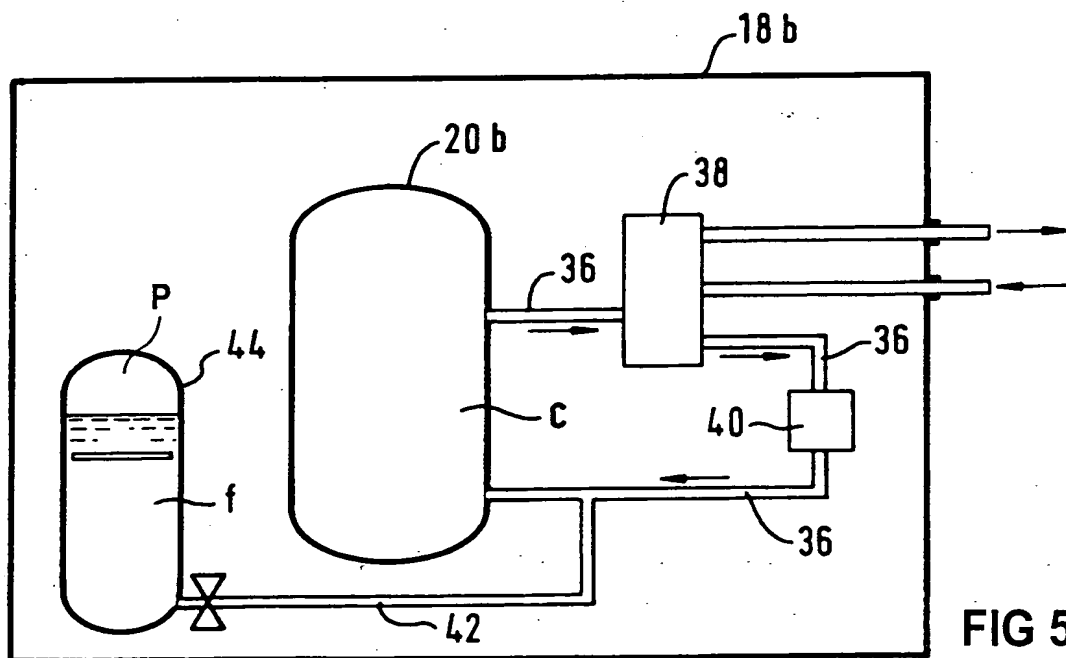


FIG 5